

# EL ARMADILLO: UN NUEVO ANIMAL DE EXPERIMENTACIÓN PARA EL ESTUDIO DE LAS ZOONOSIS

ALEJANDRO ESCOBAR GUTIÉRREZ

MA. EUGENIA AMEZCUA DE BERNÉS

*Laboratorio de Investigaciones Inmunológicas, SSA.  
México, D. F.*

I. Introducción	200
II. Aspectos biológicos	201
1. Taxonomía y filogenia	201
2. Morfología externa	202
3. Esqueleto	203
4. Hábitos de vida	204
5. Reproducción	204
III. Fisiología	205
1. Temperatura corporal	205
2. Respiración	206
3. Metabolismo basal	207
IV. Sangre	207
1. Plasma	207
2. Elementos figurados	207
V. Características inmunológicas	209
1. Órganos linfoides	209
2. Linfocitos	209
3. Inmunocompetencia	210
VI. Infecciones naturales	211
1. Salmonelas	211
2. Borrelias	212

1. Leptospiras	212
2. <i>Mycobacterium leprae</i>	212
3. Otras micobacterias	214
4. Nocardia	214
5. Tripanosomas	214
6. Helmintos	215
VII. Infecciones experimentales	215
1. Lepra	216
2. Otros agentes infecciosos	218
VIII. Mantenimiento en cautividad	218
1. Captura	218
2. Transporte	219
3. Examen inicial	219
4. Jaulas	220
5. Alimentación	220
6. Reproducción	221
7. Marcado	222
8. Manipulación	222
9. Sangrado	223
10. Precauciones	223
IX. Conclusiones	223
Referencias	224

## I. Introducción

Kirchheimer y Storrs (1) en 1971 informaron que el armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*, Linneo 1758) es susceptible de ser infectado experimentalmente con *Mycobacterium leprae*, agente causal de la lepra humana. Este hallazgo es de enorme importancia ya que por primera vez se cuenta con la posibilidad de estudiar aspectos de la bacteria y de sus relaciones huésped-parásito que antes no podían analizarse por la falta de un buen modelo de experimentación. Además, las mismas características que permitieron suponer que el armadillo podría ser útil para los estudios de la infección leprosa, también tienen validez en el caso de otras infecciones de humanos que son difíciles de afectar a otras especies, situación de la sífilis, la esquistosomiasis o la oncocercosis para sólo citar tres ejemplos. Por estos motivos, los armadillos son los animales de experi-

tentación más nuevas y en los últimos años se ha incrementado notablemente su utilización en diversas partes del mundo.

Por otra parte, también ha renacido el interés en el estudio de los armadillos silvestres como causa de diversas zoonosis, ya que se sabe que pueden ser portadores de agentes biológicos capaces de afectar al hombre. No hay que perder de vista el hecho de que esos animales constituyen una de las especies más características de la fauna del Continente Americano, donde se les halla ampliamente distribuidos y con una densidad tal que les permite estar en contacto con las poblaciones rurales a quienes incluso les sirve de alimento.

En esta revisión se intentará describir las características biológicas más importantes de esta especie, con especial referencia a las condiciones de su mantenimiento en cautividad, de acuerdo con las experiencias obtenidas por los autores y de las informadas en la literatura.

## II. Aspectos biológicos

### 1. Taxonomía y filogenia.

Los armadillos son mamíferos de la subclase Euterios (*Eutheria*), superorden Edentados (*Edentata*), orden Xenartros (*Xenarthra*) y familia Dasipódidos (*Dasypodidae*). En esta familia quedan incluidas las 20 especies de armadillos vivientes, distribuidas en nueve géneros tres especies en el género *Chaetophractus*, una en *Euphractus*, una en *Zaedyus*, una en *Priodontes*, cuatro en *Cabassous*, dos en *Tolypeutes*, seis en *Dasypus*, una en *Chlamyphorus* y una en *Burmeisteria* (2).

Al igual que la mayoría de los órdenes de mamíferos, los edentados se originaron en el Paleoceno y pertenecen a la misma serie filogenética (unguiculados) donde también se ubican los insectívoros, dermópteros, quirópteros, folívoros y primates (3). Probablemente el lugar de origen de los armadillos haya sido América del Norte a partir de los paleonodontes y rápidamente se extendieron por todo el Continente antes que hubiera la separación de ambos subcontinentes. Su mayor florecimiento fue en el Eoceno donde llegaron a existir hasta 29 géneros diferentes de los cuales 20 están extinguidos (4). Actualmente habitan Florida, la parte central sur de Estados Unidos, México a excepción del norte del altiplano central, Sonora y Baja California, toda América Central y América del Sur

salvo el extremo meridional de Argentina (2, 4, 5, 6). En México solamente habita una sola especie, el *Dasyopus novemeinctus* (5, 6) comúnmente conocida con el nombre de armadillo, aunque en algunas regiones aún se le llama con su nombre nahua de *ayotochtli* (*ayotl*, tortuga, *tochtli*, conejo) o sus derivados *ayotoste*, *ayotoctli* o *tochi* (7). En este trabajo se hará referencia principalmente a esta especie y cuando sea necesario mencionar alguna otra se hará la aclaración correspondiente.

## 2. Morfología externa

Los armadillos adultos son animales más bien pequeños que miden entre 70 a 90 cm de longitud total, incluida la cola y llegan a pesar hasta seis kg. Su característica más notable es la presencia de un sólido caparazón articulado que cubre la parte superior del cuerpo y está formado por numerosas placas o escudetes óseos, recubiertas por una epidermis queratinosa. Su coloración es café oscuro, negruzco a veces con zonas laterales más claras de color sepia amarillento. El caparazón está dividido en tres zonas: la postcervical o anterior, que cubre la cabeza y hombros, ambas separadas por un pliegue de la piel; la central, que consiste en nueve bandas móviles interconectadas por pliegues, y la pélvica o posterior, que abarca tanto la pelvis como la cola (fotografía 1). Las placas óseas de las dos zonas distales son poligonales (fotografía 2) y en las bandas son típicamente rectangulares. En este último caso, cada placa tiene dos regiones: la anterior es plana, lisa, cubierta por la banda previa a la misma o por la concha postcervical en el caso de la primera banda; y la región posterior tiene cuatro hileras de marcas donde se insertan las raíces de los pelos interescutales y se sobrepone a su vez a la banda siguiente o a las placas de la zona pélvica en el caso de la novena banda (fotografía 3). Ocasionalmente es posible encontrar anomalías en las bandas en cuanto a un número mayor de placas o a la presencia de una banda extra que puede ser total o parcial.

Poseen escasos pelos que son gruesos, tiesos y ásperos que son más abundantes en las partes flexibles de la piel de la región abdominal.

Las patas son cortas, muy fuertes. Las anteriores tienen cuatro dedos y las posteriores cinco, y los dedos centrales o intermedios están dotados de uñas un tanto curvadas, sumamente desarrolladas que resultan muy aptas para rascar y excavar la tierra (fotografía 4).

La cabeza es pequeña, alargada con orejas siempre erectas y dirigidas hacia atrás. Sus mandíbulas carecen de incisivos y caninos,

pero tienen 14 dientes molariformes no esmaltados en la mandíbula y otros tantos en la maxila.

Cuando el animal se siente en peligro se enrolla sobre el mismo, exponiendo su caparazón hacia el exterior, lo que le permite mantener protegidas sus partes más vulnerables. Su mejor defensa es la carrera a modo de alcanzar sus madrigueras a menudo situadas en matorrales densos y espinosos que no lo afectan y si impiden el acceso a sus depredadores (2, 4, 5, 8).

### *3. Esqueleto*

El cráneo es alargado y un tanto aplanada en sentido dorsoventral con el arco cigomático completo. Las mandíbulas son delgadas, alargadas y en su parte posterior se localizan los dientes que son cilíndricos, rudimentarios y tan pobremente esmaltados que a menudo se pierden con la edad. El axis y las vértebras cervicales tercera, cuarta y quinta están fusionadas. La columna vertebral es rígida debido a la unión entre todas las vértebras torácicas y lumbares debido a las apófisis supernumerarias que constituyen las articulaciones xenatrales, además de las articulaciones normales entre las cigapófisis. En ningún momento hay contacto directo entre ningún hueso del esqueleto y el caparazón; sin embargo, éste se halla sostenido por músculos muy fuertes y ligamentos que conectan su superficie interna con las grandes proyecciones dorsolaterales del íleon e ísqueon y a los extremos modificados de las apófisis espinosas de todas las vértebras torácicas y lumbares. La rigidez del caparazón es debida a que se encuentra apoyada sobre costillas muy amplias, los músculos intercostales son fuertes y las costillas tienen osificadas las partes que en casi todos los demás mamíferos corresponden a los cartílagos costales.

La gran fuerza muscular de sus patas se debe a que los músculos correspondientes están ampliamente insertados en huesos que son un tanto aplanados y a que el olécrano y el calcáneo están muy alargados. La tibia y el peroné están fusionados distal y proximalmente y el fémur tiene un poderoso tercer trocánter. La posición natural en reposo de las manos es plantígrada (9).

### *1. Hábitos de vida*

Los armadillos viven en casi todas las zonas: planas, cerros, desiertos y bosques húmedos. Solamente no se localizan en pantanos o zonas muy frías. Ellos mismos cavan rápidamente sus madrigueras que son tortuosas y con varias salidas. Son animales nocturnos aunque más frecuentemente crepusculares y sólo en época de celo suelen verse en parejas. Ocasionalmente pueden compartir su madriguera con otros mamíferos pequeños que no ofrecen competencia o peligro para ellos. Las Crías son mantenidas en cámaras subterráneas en nidos formados por pasta seca, hojarasca, ramas y otros desechos. Su aumento consiste principalmente en insectos y otros invertebrados, aunque se ha informado que pueden comer huevos, anfibios, reptiles y aun aves y mamíferos pequeños. Las presas son detectadas más por olfato que por la vista, atrapadas con las uñas y retenidas par la lengua que es áspera y pegajosa. En las estaciones en que el alimento es escaso, sea por falta de lluvia, o por frío excesivo, los armadillos aprovechan la grasa que acumularon durante el periodo donde hubo exceso de comida. No son capaces de hibernar y son muy sensibles al frío, lo cual ha limitado su dispersión hacia el norte del Continente o a las regiones de alta montaña (1,5,8).

Debido a sus características morfológicas y hábitos de vida, los armadillos no tienen depredadores, a excepción del hombre. Su captura no es muy difícil y generalmente son buscados por su carne, que es succulenta y de excelente sabor. Además, en casi todos los países de América Latina se han utilizado sus caparazones para elaborar objetos artesanales, como instrumentos musicales (charangos), cuencos o bolsas de mujer.

### *5. Reproducción*

Los machos tienen un par de testículos ubicados en el interior de la cavidad abdominal. La hembra tiene un surco urogenital que simultáneamente sirve como vagina y uretra terminal. Su útero es simple y sus ovarios están localizados en la pelvis, asociados a un tejido adrenal gonadal. La morfología de los ovarios de las hembras conservadas en cautiverio es diferente de la que tienen las silvestres, debido a un estímulo trófico alterado, y tal vez esta sea la razón por la cual *D. novencientus* prácticamente no se reproduce en cautividad, aun cuando esté conservado en las mejores condiciones posibles (2, 10).

Sin embargo, Cuba-Caparró y col.(11) han informado que *D. hybridus* puede reproducirse en cautividad.

Se reproducen una vez al año; el parto se realiza generalmente en primavera y cada camada consiste en cuatro gemelos monocigotos, todos del mismo sexo. Este fenómeno se conoce con el nombre de poliembrionía y es exclusiva de los armadillos. Se ha establecido que una vez que se ha fecundado el óvulo, las primeras divisiones se realizan en estado libre y solamente al cabo de 14 a 16 semanas es que se lleva a cabo su implantación. A partir del fondo de la vesícula embrionaria se forman dos primeras yemas, cada una de las cuales se subdivide en dos y quedan así los cuatro primordios de embriones. Más adelante, cada feto posee su propio saco amniótico y una sola unión a la placenta de modo que no hay conexión circulatoria entre los cuatro productos (12). La placenta, al igual que en el hombre es hemocorial (13). El parto se lleva a cabo cinco meses después de la implantación del embrión.

Los armadillos recién nacidos se hallan en un estado de desarrollo avanzado, a pesar de ser muy pequeños y tener un peso entre 50 y 150 g nacen con los ojos totalmente abiertos y con los caparazones ya bien formados blandos que van endureciendo con la edad. Aunque los cuatro productos son monocigotos, esto no significa que sean totalmente idénticos y se han encontrado diferencias morfológicas y fisiológicas entre ellos (14,15).

Las crías son amamantadas durante las primeras semanas por medio de cuatro mamas, dos torácicas y dos abdominales. Los jóvenes permanecen en el nido de cuatro a seis semanas y después comienzan a salir poco a poco al exterior, acompañando a su madre en búsqueda de alimento. Finalmente, los armadillos abandonan el nido a los cuatro meses de edad (8).

### III. Fisiología

#### 1. *Temperatura corporal*

Los armadillos tienen mecanismos termorreguladores relativamente primitivos lo que favorece que su temperatura corporal se modifique de acuerdo con la ambiental. Así, a una temperatura ambiente constante de 25° C, Johansen (16) encontró que a las horas de reposo (primeras de la mañana) la temperatura rectal fue de 34 a 35° C y en los momentos de mayor actividad (media noche) fue de 35 a 36° C.

Por otra parte, Burns y Waldrip (17) hallaron diferencias en la temperatura rectal de los machos y de las hembras cuando éstas se midieron en un ambiente de 23° C: los machos tuvieron promedio de 33.4.<sup>0</sup> C. (con límites entre 31 a 35°) y las hembras con 31.3° C (con límites entre 30 a 33°). Los experimentos conducidos por Johansen (16) en cámaras frías y térmicas en las que podría variarse su temperatura, demostraron que si a lo largo de cinco horas se disminuía la temperatura ambiente de 30° C a -10° C, la temperatura rectal subía de 34.3° a 37.8° C debido inicialmente a la disminución de pérdida de calor causada por una vasoconstricción periférica y posteriormente a un incremento en el consumo de oxígeno. Si por el contrario, se aumentaba la temperatura de 30° a 42° C la rectal subía hasta 40° C en menos de 3 horas, lo que era acompañado de una vasodilatación periférica y a un intenso jadeo, ya que parece que los armadillos no poseen glándulas sudoríparas.

## 2. Respiración

Los armadillos pueden dejar de respirar durante un lapso de hasta diez minutos. En ese tiempo, la temperatura corporal no se modifica, hay una rápida bradicardia y el contenido de oxígeno arterial se gasta en los primeros dos minutos y para los ocho restantes sólo queda un 20%. Estos datos concuerdan con la conseja popular muy extendida de que los armadillos pueden caminar por debajo del agua y así atravesar ríos {18}.

CUADRO 1

PROTEÍNAS SÉRICAS DE *D. novemcinctus* (en g/dl)

Proteínas totales	8.74	7.56
Globulina alfa 1	0.74	0.92
Globulina alfa 2	0.80	1.05
Globulina beta	1.42	1.48
Globulina gamma	1.24	0.92
Referencias:	(19)	(22)



### 3. *Metabolismo basal*

A temperatura de 30° C, el metabolismo basal de los armadillos es de 21 a 29 calorías /24 horas/ kg (180 a 250 ml de oxígeno/hora/ kg), valor que es aproximadamente la mitad que para otros mamíferos del mismo tamaño e igual que para los perezosos que son también edentados (16,18).

## IV. Sangre

### 1. *Plasma*

Los valores para las diferentes concentraciones de proteínas séricas encontradas en los armadillos se expresan en el cuadro número 1. Es interesante hacer notar que el patrón electroforético y los niveles de cada fracción son muy similares a los correspondientes en humanos.

El sistema de coagulación es eficiente y las concentraciones de algunos factores que intervienen en este fenómeno son superiores a los de humanos. Así, hay cinco veces más factor Hageman (factor XII), el doble de fibrinógeno (factor I), de factor antihemofílico (factor VIII) y de tromboplastina plasmática (factor IX) y un 50% más de proacelerina (factor V) (19).

### 2. *Elementos figurados*

En el cuadro número 2 se muestran algunos valores reportados para *D. novemcinctus*, comparados con los hallados en la especie sudamericana *D. hybridus*.

Los eritrocitos miden 6.2  $\mu$  de diámetro y su número es de 7.36 millones/  $\text{mm}^3$ . El tiempo de sobrevida máximo *in vivo* es de 70 a 75 días, medido con el uso de glóbulos rojos autólogos marcados con  $\text{Cr}^{51}$ . Este valor indica que hay una eritropoyesis desproporcionadamente alta con respecto al metabolismo basal de los armadillos, comparada con el de otros mamíferos (19).

La hemoglobina del armadillo tiene el mismo comportamiento electroforético que la hemoglobina A humana, cuando se usa electroforesis en almidón a pH 8.9. En forma por demás sorprendente, la oxihemoglobina es insoluble en soluciones con amortiguador de fosfatos, pH 8.6 lo cual no ocurre tratándose de hemoglobina reducida.

CUADRO 2

CONSTANTES HEMATOLÓGICAS DE <i>D. novemcinctus</i> ,			COMPARACIÓN		
CON LAS DE <i>D. hybridus</i>					
		<i>D. hybridus</i>		<i>D. novemcinctus</i>	
		<i>Cautivo</i>	<i>Silvestre</i>	<i>Cautivo</i>	<i>Silvestre</i>
<b>Hematocrito</b>					
(ml/100 ml)		40.07	49.30		39.6
<b>Eritrocitos</b>					
(millones/mm <sup>3</sup> )		5.98	7.47		6.08
<b>Hemoglobina</b>					
(g/dl)		16.49	15.00		11.8
<b>Volumen globular</b>					
medio		67.67	66.00		63.8
<b>Hemoglobina globular</b>					
media		27.76	20.10		18.5
<b>Concentración media</b>					
de hemoglobina globular		41.43	30.60		29.0
<b>Leucocitos</b>					
(miles/ mm <sup>3</sup> )		9.25	8.94	8.84	7.53
<b>Neutrófilos</b>	(%)	58	57	33	52
<b>Eosinófilos</b>	(%)	3	5	4	4
<b>Basófilos</b>	(%)	0.5	1	0.7	0
<b>Monocitos</b>	(%)	4.5	12	0.7	15
<b>Linfocitos</b>	(%)	33.5	25	52	30
<b>Referencias:</b>		(23)	(24)	(24)	(22)

La sangre total desfibrinada o con anticoagulante que se deja a temperatura ambiente, forma espontáneamente cristales de hemoglobina (20).

Los leucocitos tienen la morfología típica y son fáciles de identificar en extensiones de sangre teñidas con los colorantes usuales. Como puede observarse en el cuadro número 2, hay diferencias en la proporción de células si son contadas en sangre de armadillos silvestres o en la de los mismos después de varios meses de vivir en cautividad. Una característica notable es la eosinofilia que parece mantenerse en ambas situaciones y que tal vez se deba a los helmintos que habitualmente los parasitan o bien se trate de una particularidad propia de la especie (19,20,21,23).

La morfología de las plaquetas es variable, desde muy pequeñas hasta muy grandes, todas con citoplasma granular. Su número varía entre 246 000 a 542000 por  $\text{mm}^3$  (19, 20).

## **V. Características inmunológicas**

### *1. Órganos linfoides*

Los armadillos tienen órganos linfoides bien desarrollados, morfológicamente no muy diferentes de los del resto de los mamíferos hasta ahora estudiados. El timo involuciona con la edad, de modo que a los 18 meses sólo queda un 60% y a los 4 años la reducción llega a un 20% del original; el tejido tímico es reemplazado por tejido adiposo y en la periferia se puede observar un aumento muy notable de células cebadas. No hay alteraciones en la abundancia, y distribución de linfocitos en las áreas timodependientes de los ganglios linfáticos, placas de Peyer, amígdalas y bazo. Este último es un órgano pobre en sinusoides y con vainas elipsoidales penicilares del mismo tipo del que se observa en cerdos, vacas, caballos, gatos y topos. Las únicas células atípicas observadas en los órganos linfoides son algunos histiocitos con gránulos que se tiñen de color azul mar con colorante de Giemsa y que también han sido identificados en pacientes humanos con algunas alteraciones metabólicas (24, 25).

### *2. Linfocitos*

Como fue ya mencionado, los linfocitos constituyen la población más abundante de leucocitos en los armadillos cautivos y la segunda en

frecuencia en los silvestres, hecho para el cual no se ha encontrado aún explicación. Hay pocos estudios sobre la proporción y las características de las subpoblaciones de linfocitos. Tal vez, no todos los linfocitos T poseen el receptor para los eritrocitos de carnero que les permitiría formar rosetas espontáneas. Las cifras que hemos encontrado utilizando el mismo método que para humanos, no han dado valores mayores del 49%. Las rosetas EAC que identifican a los linfocitos con receptor para C3b y que al parecer corresponden a los linfocitos B, dan cifras entre 2 y 8% (22).

### 3. *Inmunocompetencia*

Para explicar la gran susceptibilidad de los armadillos a la infección con *M. Leprae*, se han hecho varios estudios sobre la competencia inmunológica de estos animales. La respuesta inmunitaria humoral esta bien desarrollada y no es difícil demostrar la presencia de anticuerpos circulantes después de haberlos inmunizado con diversos antígenos. Por lo que toca a la respuesta inmunitaria celular, la transformación blastoide de sus linfocitos con fitohemaglutinina medida por la incorporación de timidina tritiada, resultó que a 37° C de incubación dio un índice de transformación promedio de 9.2 Sin embargo, al disminuir la temperatura del cultivo a 33°, el índice fue de sólo 3.5 y a 28° se redujo a 1.9 (26). Esto podría significar que la susceptibilidad al bacilo leproso se debe a una falla en la respuesta celular debida a que su temperatura, corporal es relativamente baja (1).

En contra del efecto inmunodepresor de la temperatura corporal baja está el hecho de que los armadillos capturados en la naturaleza presentan una incidencia muy baja en tumores y en infecciones crónicas, situaciones en cuya protección se sabe participar en forma importante la respuesta celular. Esto sugiere que seguramente en el armadillo están participando otros mecanismos de protección aún no identificados.

Los estudios de Anderson y Benircke (4) con transplantes de piel entre los cuatro gemelos monocigotos indicaron que hubo rechazos, aunque éste se prolongó por mayor tiempo que cuando se usa piel de animales no relacionados. No se han hecho investigaciones sobre los factores de histocompatibilidad involucrados.

El sistema del complemento se halla presente y su eficiencia es baja, medida como la capacidad de lisar eritrocitos de carnero sensibilizados. En condiciones *in vivo* interviene en fenómenos del tipo Arthus

inducidos con ovoalbúmina en animales de la especie *D. sabanicola* (27).

La lisozima es un factor antimicrobiano normal que es producido por fagocitos y se encuentra en el plasma y algunas secreciones. La concentración de esta sustancia fue buscada en los armadillos debido a que en los sujetos leprosos lepromatosos se encuentra en concentraciones altas y parece que interviene como factor tuberculostático también en humanos. Sorprendentemente se encontró que en 30 de 31 armadillos estudiados, la concentración de lisozima fue de 0 a 0.1 ug/ml y en el restante hubo 3 ug/ml. Walsh, autor de este estudio, considera que esto puede ser un factor que contribuye a la susceptibilidad de los armadillos a la infección leprosa (28).

## VI. Infecciones naturales

Como cualquier otro animal silvestre, los armadillos tienen parásitos que los infectan o infestan, aunque su abundancia y diversidad es mucho menor de la que se encuentra en otros mamíferos. La enumeración de las especies correspondientes no cabe dentro de los propósitos de esta revisión y en la referencia (2) puede encontrarse la lista parcial de los descritos hasta 1971. Sin embargo, hay algunos agentes que también pueden infectar al ser humano y su conocimiento resulta de verdadera importancia, ya que el armadillo puede así ser considerado como un reservorio natural para dicho agente.

### 1. *Salmonelas*

Se han identificado varias cepas de *Salmonella* en armadillos diversos. En Argentina se aislaron salmonelas del grupo C2 en el 65% de *D. hybridus* y en el 58% de *Chaetophractus villosus* recién capturados (29). En Estados Unidos se encontró un *D. novemcinctus* portador de las mismas salmonelas C2 (30) y en México hemos localizado a 4 armadillos infectados con estas bacterias de los grupos C y B, ésta última muy probablemente originada por contaminación humana.

## 2. *Borrelia*

Hay un informe que indica que en Panamá fueron estudiados 32 armadillos de los cuales dos estaban infectados con una *Borrelia* capaz de causar cuadros de fiebre recurrente. El informe original es difícil de obtener, por lo cual sólo se puede especular que por su ubicación geográfica, se trata de *B. venezuelensis* y que la garrapata vectora haya sido *Ornithodoros rudis* (2).

## 3. *Leptospiras*

Solamente en Argentina se ha descrito la presencia de leptospiras en armadillos *Chaetophractus villosus* (31). Los serotipos de las leptospiras aisladas corresponden en su mayoría a cepas saprófitas, aunque por lo menos en 13 casos si se ha tratado de cepas patógenas (32, 33). El estudio histopatológico de los riñones de los armadillos infectados reveló patrones de nefritis intersticial focal (34).

## 4. *Mycobacterium leprae*

El hecho de que los armadillos experimentalmente se infectan fácilmente con *M. leprae*, hizo pensar que esta bacteria podía ser un agente infeccioso natural en estos animales. En 1975, Walsh y col. (35) identificaron siete armadillos infectados naturalmente en el estado de Louisiana, Estados Unidos y más adelante el mismo grupo ha encontrado unos 40 más en el mismo estado, uno en Texas y uno en Mississippi (36). Fox y col. (37) comunicaron el hallazgo de un animal infectado proveniente de Mississippi, Smith y col. (38) de dos más originarios de Louisiana y Anderson de uno procedente de Texas (39) que murió en el zoológico de San Diego a consecuencia de la infección leprosa. La búsqueda de los bacilos ácido-alcohol resistentes se realiza en muestras provenientes de autopsia o de biopsias, especialmente de las orejas. La identificación final de *M. leprae* sólo puede ser indirecta y se acepta que para ser considerados como tales, los bacilos presentes en el armadillo no deben crecer en los medios de cultivo sintéticos que usualmente se usan para micobacterias, debe ser extraída la ácido-alcohol resistencia con piridina, debe oxidarse la D-DOPA y la inoculación en los cojinetes plantares de los ratones debe dar patrones de crecimiento característicos (40). Los informes

publicados, indican que si bien no siempre se han efectuado todas estas pruebas, en los armadillos naturalmente infectados en que sí se hicieron, los resultados obtenidos concuerdan con la presencia de *M. Leprae*.

Por otra parte, Meyers y col. (41) prepararon lepromina a partir de bacilos aislados de los tejidos de armadillos infectados naturalmente y la compararon con lepromina obtenida de lesiones leprosas humanas. Ambas leprominas fueron aplicadas en la forma convencional a grupos de pacientes con diversas formas de lepra en Etiopia, Zaire, Malasia y Venezuela. Los resultados mostraron que no hubo diferencias en la reactividad con una u otra preparación, lo cual sugiere que los bacilos leproso de los armadillos son idénticos o por lo menos muy similares a los que infectan al hombre.

No obstante, otros autores han tenido dificultades al confirmar los hallazgos anteriores. Kirchheimer y Sánchez (42) en 396 armadillos silvestres examinados solamente han podido encontrar uno infectado naturalmente, todos provenientes también de los estados de Louisiana, Texas y Florida. Muñoz-Rivas (43) en Colombia estudió a 205 animales de las especies *D. novemcinctus*, *D. sabanicola* y *Cabassous centralis* y en ninguno de ellos encontró evidencias de lepra natural. En Paraguay, Innami (44) tampoco halló datos sugestivos de infección leprosa en 453 armadillos de las especies *D. Novemcinctus*, *Tolypeutes matacus*, *Chaetophractus villosus* y *C. vellerosus*. En Argentina Kantor (45) solamente aisló a diversas micobacterias, ninguna *M. leprae*, en 22 de 41 ejemplares de *C. villosus*. Finalmente, hay datos aún preliminares de Venezuela y Guayana Francesa donde todavía no se han encontrado animales naturalmente infectados (46).

De verse confirmada sin lugar a dudas la presencia de lepra natural en armadillos, quedaría por establecerse la o las Fuentes de infección y las consecuencias para la población humana. La circunstancia de que los armadillos son animales de ingreso reciente a Estados Unidos, con una antigüedad no mayor a los 150 años (47), en tanto que la lepra en Louisiana data, de hace unos 200 años, puede especularse que la infección original se debió al contacto con excretas humanas y la infección se ha mantenido por contagio directo de un animal a otro o por la intervención de algún vector todavía no identificado. Cabe recordar que los armadillos son frecuentemente usados en la alimentación humana y que las personas que los capturan, así como quienes los sacrifican y preparan para su consumo, podrían entrar en contacto con estos gérmenes y verse infectados. Sin embargo, Filice y col. (48) no encuentran ninguna relación entre la presencia

de lepra y el hecho de que dichos pacientes hayan comido, capturado, tocado o aun visto a un armadillo.

En el caso de que se tratara de un nuevo *Mycobacterium*, no *leprae*, tiene que ser una especie muy relacionada ya que compartiría muchas características hasta ahora sólo asociadas con el bacilo de Hansen. La importancia de contar con una especie relacionada sería en la preparación de una vacuna, tal vez atenuada, de gran utilidad en las áreas endémicas de la enfermedad.

### 5. Otras micobacterias

En Argentina (45) y Colombia (49) se han encontrado armadillos con infecciones producidas por diferentes micobacterias, la mayoría son de las consideradas saprófitas. Solamente *M. intracellulare* y *M. fortuitum* podrían caber dentro de las potencialmente patógenas para el hombre.

### 6. Nocardia

En Uruguay fue capturado un ejemplar de *D. septemcinctus* con una infección por *Nocardia brasiliensis* que lo condujo a la muerte 32 días después. Las únicas lesiones internas fueron en pulmones y no se encontraron gránulos, tal vez a causa de lo rápido de la infección(50) .

### 7. Tripanosomas

En 1912, Chagas en Brasil (51) encontró en las zonas endémicas de la enfermedad que lleva su nombre, un número importante de *D. novemcinctus* portadores de *Trypanosoma cruzi*. En 1915 Torres (52) halló la misma situación en otros armadillos de los géneros *Euphractus sexcinctus* y *Cabassous unicinctus*. Posteriormente, en Argentina (53), Venezuela (54), Panamá (55), México (56) y Estados Unidos. (Texas) (57) se han encontrado armadillos infectados con un flagelado que corresponde a *T. cruzi*.



## 8. Helmintos

En Brasil se ha identificado que *Euphractus sexcinctus* a menudo está parasitado por *Ascaris lumbricoides* y por *Ancylostoma caninum* (58).

## VII. Infecciones experimentales

Durante muchos años, el uso de los armadillos como animales de experimentación se vio limitado por las dificultades en su mantenimiento y por el relativo desconocimiento sobre su biología. Antes de su uso sistemático en los programas de lepra experimental, algunos autores inocularon armadillos con diversos agentes infecciosos, más con el propósito de demostrar que éstos edentados podían ser reservorios de dichos agentes, que con la finalidad de contar con modelos mas adecuados para la investigación. En el cuadro número 3 se muestran los intentos que al respecto están informados en la literatura.

CUADRO 3

### INFECCIONES EXPERIMENTALES EN DIVERSOS ARMADILLOS

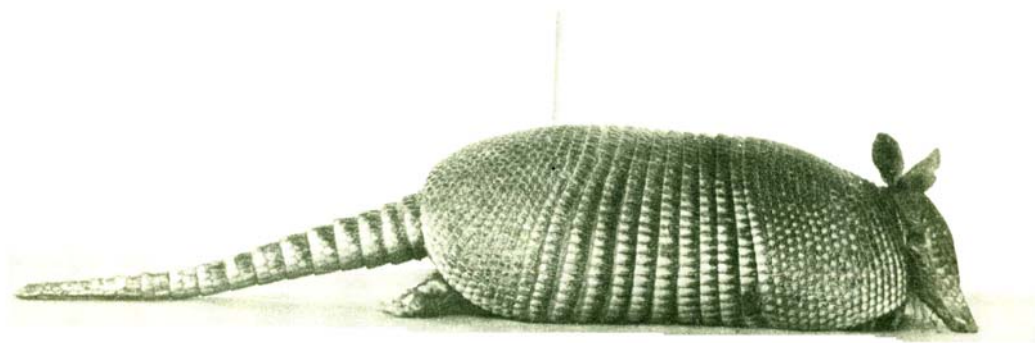
Agente	Armadillo	Año	Referencias:
<i>Trichinella spirallis</i>	<i>Chaetophractus villosus</i>	1937	(59)
<i>Schistosoma mansoni</i>	<i>Euphractus sexcinctus</i>	1944	(58)
<i>Rickettsia prowazekii</i>	<i>Dasypus novemcinctus</i>	1944	(60)
<i>Rickettsia typhi</i>	<i>D. novemcinctus</i>	1947	(61)
<i>Borrelia recurrentis</i>	<i>D. novemcinctus</i>	¿ ?	Citado en (2)
<i>Mycobacterium leprae</i>	<i>D. novemcinctus</i>	1971	(1,62)
	<i>D. sabanicola</i>	1974	(63)
	<i>D. hybridus</i>	1975	(64)
<i>Trypanosoma gambiense</i>	<i>D. novemcinctus</i>	1972	(65)

### 1. Lepra

El uso más importante que sin duda se ha dado a los armadillos, es en las infecciones experimentales con *M. leprae*. Esta micobacteria es un agente infeccioso, típico de humanos, que causa la enfermedad conocida como lepra, que afecta a unos quince millones de individuos en todo el mundo. Se trata de un proceso crónico donde la respuesta del huésped juega un papel muy importante en la forma clínica de la enfermedad. Ésta se puede manifestar en dos formas polares: la lepromatosa (LL) donde hay poca resistencia, los bacilos son muy numerosos, la infiltración linfocitaria es escasa y la respuesta inmunitaria celular se halla deprimida. La forma tuberculoide (TT) presenta una gran resistencia; prácticamente no se encuentran bacilos; hay un importante infiltrado de linfocitos y la respuesta celular se halla intacta. Entre estas dos, hay formas intermedias que pueden mostrar características indeterminadas o progresivas hacia una u otra de las formas polares (66, 67).

Hasta el momento actual, no ha sido posible cultivar a *M. leprae* en medios de cultivo artificiales y por este motivo se han buscado animales de experimentación. Antes de 1971, el mayor éxito había sido obtenido con ratones en los cuales el bacilo crece en sus cojinetes plantares (68) o en forma diseminada en caso de que previamente hayan sido timectomizados e irradiados a cuerpo entero (69). La limitación mayor con estos animales es la imposibilidad de llevar a cabo estudios a largo plazo, ya que su promedio de vida es corto y éste es disminuido aún más por efecto de los procedimientos inmunodepresores necesarios para su infección.

Los armadillos fueron elegidos tomando en cuenta la observación de que *M. leprae* crece preferentemente en las zonas frías del ser humano (1). Si los armadillos tienen una temperatura normal inferior a 37° C y viven de 12 a 15 años, era posible plantear una hipótesis factible de trabajo. Así, a partir de lepromas humanos se obtuvieron bacilos leprosoes cuya viabilidad fue juzgada por criterio morfológico y por su capacidad de crecer en los cojinetes plantares de ratones. Estos bacilos se inyectaron por diversas vías a armadillos adaptados a la vida en cautividad y al cabo de unos 10 meses se encontró que el 40% de los animales inoculados habían desarrollado formas diseminadas de lepra, algunos con un estado muy severo. El rendimiento de los bacilos obtenidos de sus lepromas fue del orden de 10<sup>10</sup> bacilos/g, cantidad mucho mayor que en los casos humanos donde nunca rebasa de 10<sup>7</sup> a 10<sup>8</sup> bacilos/g (1, 62). Histopatológica-

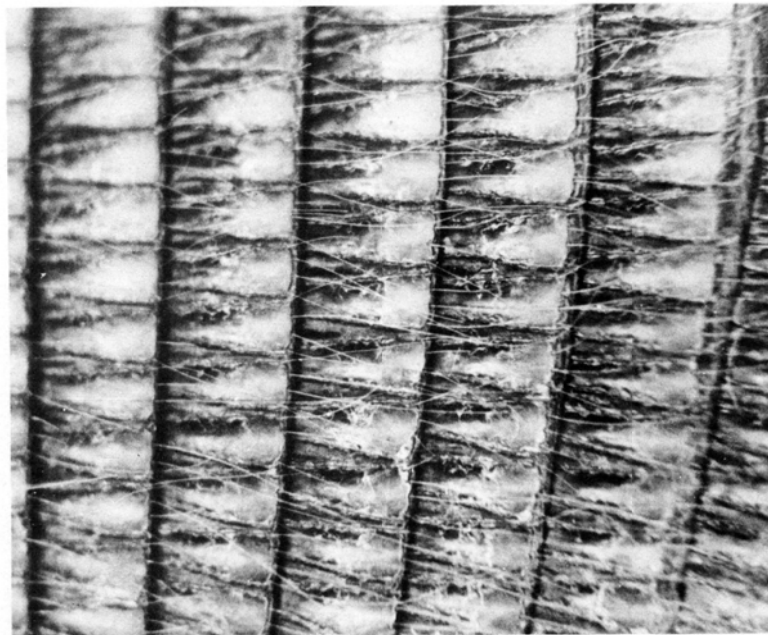


EL ARMADILLO

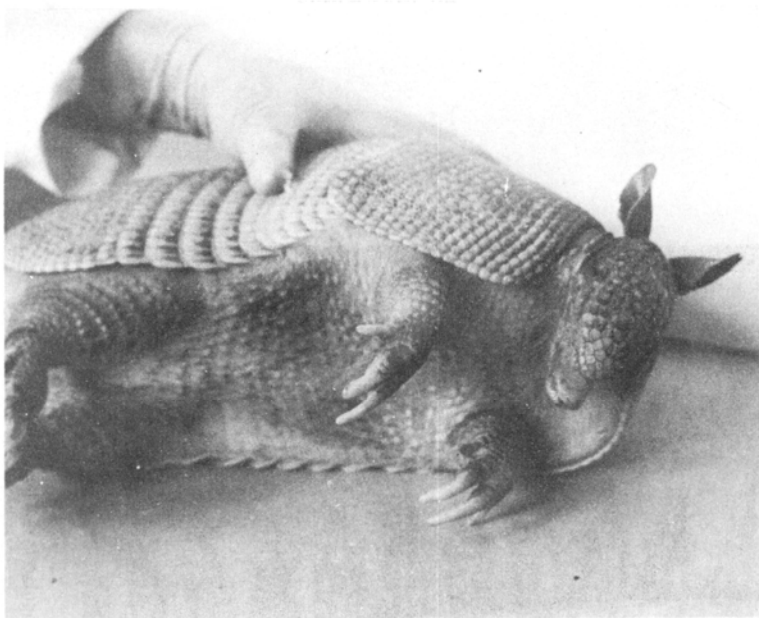
FOTOGRAFÍA 1. El armadillo *Dasypus novemcinctus*.



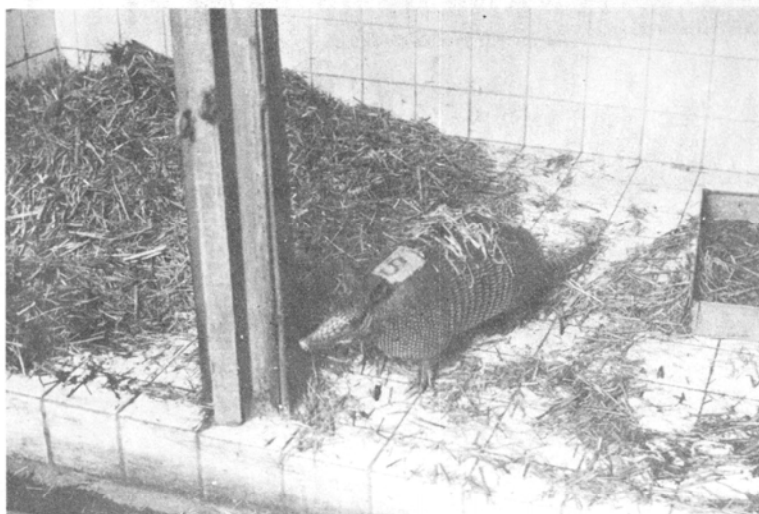
FOTOGRAFÍA 2. Escudetes poligonales de la región anterior del caparazón.



FOTOGRAFÍA 3. Escudetes rectangulares de las bandas.



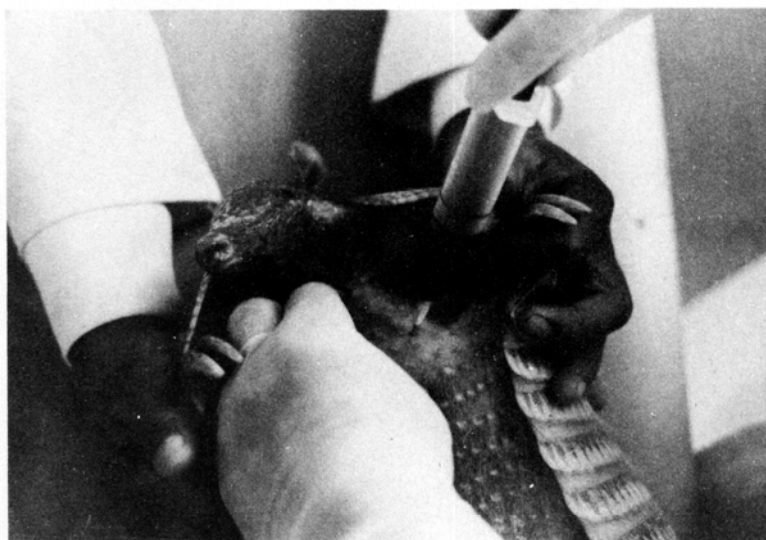
FOTOGRAFÍA 4. Armadillo en posición dorsoventral.



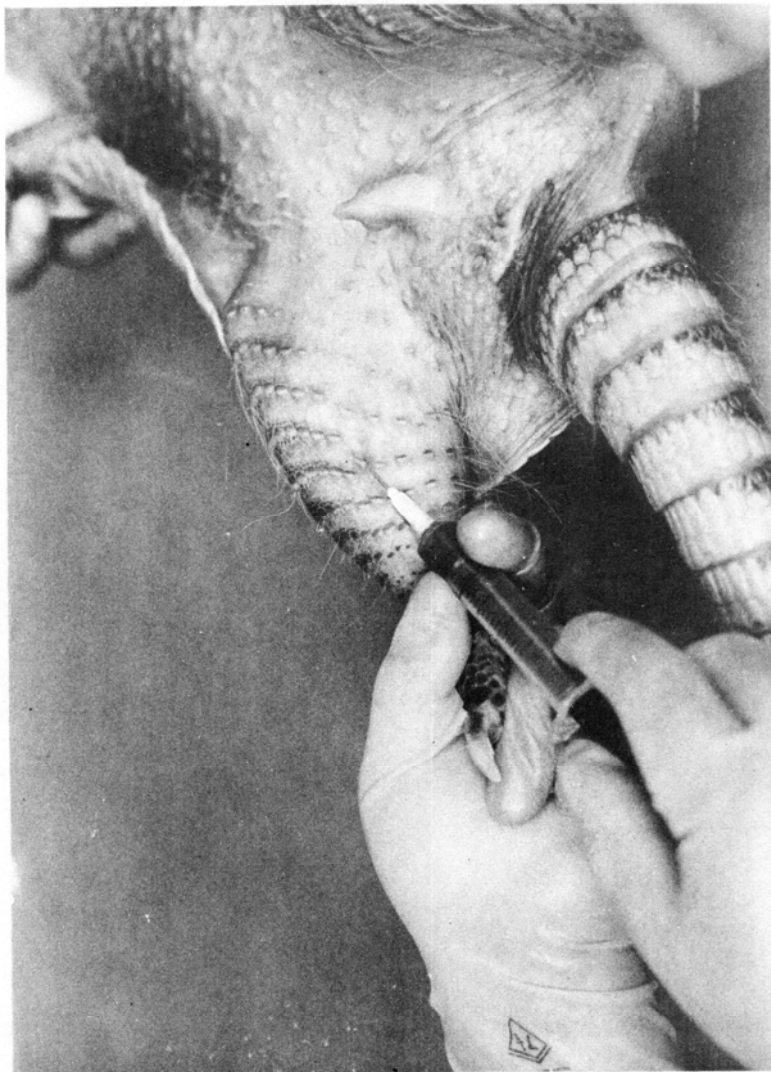
FOTOGRAFÍA 5. Armadillo en su jaula.



FOTOGRAFÍA 6. Anestesiado del animal por vía intramuscular.



FOTOGRAFÍA 7. Punción cardíaca.



FOTOGRAFÍA 8. Punción venosa.



mente las lesiones leprosas fueron muy similares a las que se observan en la lepra lepromatosa humana y puede considerarse que la susceptibilidad a la lepra en los armadillos es mucho mayor, no sólo por lo rápido de su diseminación o al mayor número de bacilos, sino porque están involucrados órganos como pulmones, corazón, estómago y sistema nervioso central que nunca se ven afectados en los casos humanos (62, 70, 71). Las pruebas realizadas para identificar que los bacilos ácido-alcohol resistentes presentes en las lesiones diseminadas de los armadillos infectados son en realidad *M. leprae*, dieron una dosis intravenosa con  $10^8$  bacilos para que al cabo de un año resultados positivos y no dejan duda acerca de su identidad. (7,2). Según Kirchheimer y Sánchez (73) en un armadillo adulto basta con una dosis intravenosa con  $10^8$  bacilos para que al cabo de un año se cuente con tejido que contiene  $10^{12}$  bacilos /g.

EI haber logrado una infección leprosa experimental ha traído como consecuencia inmediata el poder contar con el abasto suficiente de bacilos que permiten preparar lepromina debidamente estandarizada. La lepromina es un preparado que se utiliza en pruebas cutáneas para poner de manifiesto la sensibilización con *M. leprae*. Tradicionalmente la lepromina se obtiene a partir de pacientes humanos no tratados, cuyos tejidos infectados con bacilos leprosos son suspendidos y muertos en autoclave (75). Obviamente esta preparación contiene cantidades variables de tejido humano, bacilos intactos y destruidos y otros desechos. Su aplicación es intradérmica y se buscan dos tipos de reacciones, una que es temprana (48 horas) llamada Fernández (76) y otra prolongada (28 días) llamada Mitsuda (77).

Los resultados de la reacción de Fernández son muy variables y son poco relevantes en el diagnóstico, en tanto que la reacción de Mitsuda es de gran utilidad para clasificar a los pacientes, La única mejora que se ha hecho a la lepromina humana ha sido la propuesta por Dharmendra (78) quien purifica a la suspensión original con cloro formo y éter y cuando es inyectada en pacientes, da reacciones del tipo Mitsuda a las 48 horas de la aplicación. En un primer estudio (79) hecho en 115 pacientes leprosos de Zaire que cubrían todo el espectro de la enfermedad, se usaron leprominas obtenidas de humano (lepromina-H) y de armadillo (lepromina-A) y los resultados mostraron una reactividad similar en todos los casos con ambos preparados. En otros estudios hechos en Guyana (80) y Okinawa (81) también se utilizaron los dos tipos de lepromina H y A y se encontró que no hubo diferencias en el comportamiento de una y otra. Puesto que a partir de un armadillo infectado pueden recuperarse hasta

650 g de tejido que contienen unos  $10^{11}$  bacilos/g y con estos se pueden preparar 1500 litros de lepromina con  $10^8$  bacilos/ml, suficientes para realizar 15 millones de pruebas (82), resulta evidente la importancia enorme de esta fuente de obtención y que la lepromina A pronto reemplazará a la lepromina H (83).

Entre los proyectos que actualmente se están llevando a cabo con el uso de *M. leprae* proveniente de armadillos están: *a)* la obtención de fracciones antigénicas purificadas que sirvan para mejorar el diagnóstico *in vivo* o *in vitro*, *b)* la preparación de una vacuna que se pueda aplicar en programas de prevención primaria específica, *c)* el estudio del efecto bactericida o bacteriostático de nuevos fármacos, *d)* la búsqueda de la aparición de *M. leprae* resistentes a medicamentos, *e)* la exploración de métodos inmunoterapéuticos, *f)* el análisis de las características metabólicas del bacilo que permitan diseñar racionalmente un buen medio de cultivo sintético y *g)* el análisis del papel que juega la nutrición y la herencia en la susceptibilidad a la lepra (47,83,84,85).

## 2. Otros agentes infecciosos

Actualmente, en varios centros de investigación que cuentan con granjas de armadillos en pleno desarrollo se están efectuando intentos para inocularlos con agentes infecciosos para los cuales no existen otros modelos animales de experimentación o si los hay, no son del todo adecuados. Aunque hasta el momento no hay informes publicados que permitan conocer los progresos alcanzados, se sabe que se está trabajando con *Mycobacterium ulcerans*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Treponema pallidum*, *Leishmania* y *Onchocerca volvulus*.

## VIII. Mantenimiento en cautividad

### 1. Captura

Los armadillos pueden ser capturados después del crepúsculo o durante las primeras horas de la noche, que es cuando salen en busca de alimento (86). En casi todo México, los campesinos dedicados a esta actividad emplean perros adiestrados, pero esto tiene el inconveniente de que pueden lesionarlos severamente y aun matarlos (8). En otras partes de América se suele inundar la madriguera

y así favorecer la salida de los armadillos. Una vez encontrados hay que atraparlos rápidamente ya que huyen a gran velocidad y en pocos minutos pueden cavar un agujero mayor que su cuerpo por medio de sus patas delanteras, en tanto que con las traseras arrojan hacia los lados la tierra que han retirado (5). Se recomienda utilizar una red con el mismo diseño que las entomológicas, gruesa, hecha de algún material muy resistente y provista de un mango sólido y largo (87).

## *2. Transporte*

Los armadillos se pueden transportar en forma individual dentro de bolsas de lona, sin embargo es preferible usar jaulas pequeñas de madera, (nunca metálicas). Aun cuando el sitio definitivo esté alejado del de la captura, pueden permanecer hasta 48 horas sin agua o alimento aunque es recomendable no esperar tanto tiempo. Para manipularlos se deben emplear guantes gruesos y procurar no tomarlos de la cola debido a que es frágil y puede ser dañada con cierta facilidad. Algunos autores recomiendan anestesiarioslos para evitar que se maltraten a si mismos (87).

## *3. Examen inicial*

A su arribo a la granja definitiva, cada armadillo debe ser limpiado para eliminar mugre y liberarlo de sus ectoparásitos. Simultáneamente se revisa cuidadosamente en busca de lesiones de cualquier tamaño, las cuales tienen que limpiarse de inmediato con la aplicación tópica de antisépticos como agua oxigenada al 3% en solución acuosa. En caso de la sospecha de un proceso infeccioso, generalmente basta aplicar kanamicina en dosis de 100 mg/kg de peso, por vía intramuscular, que puede repetirse cada tercer día. En caso necesario se usan otros antibióticos, como penicilina o gentamicina. También deben realizarse exámenes coproparasitoscópicos y en el caso de identificar huevecillos de nemátodos, en especial de *strongiloideos* que a menudo son fatales para el armadillo, se procede a establecer tratamiento con diabendazol a dosis diaria de 50 a 100 mg/kg de peso administrados junto con la comida, durante cinco días consecutivos, serie que se repite al cabo de 12 días de haber suspendido la primera (86).

#### 4. Jaulas

Puesto que *D. novemcinctus*, *D. hybridus* y *D. sabanicola* son animales naturalmente solitarios es preferible mantenerlos en jaulas individuales. Sin embargo, si éstas tienen un tamaño adecuado pueden reunirse hasta tres animales simultáneamente. Por otro lado otras especies que normalmente viven en grupos, si pueden mantenerse en una misma jaula sin mayor riesgo, tal es el caso de *Chaetophractus villosus* y *C. minor* (86).

Se recomienda que cada jaula individual (fotografía 5) tenga un tamaño de 60 cm de ancho, 120 cm de largo y 60 cm de altura. Interiormente tienen que contar con superficies muy lisas recubiertas por mosaico, con el propósito de poderlas limpiar con facilidad y de que los armadillos no se lesionen sus patas, cola y hocico con algún bordo. Del mismo modo, las puntas libres de la red metálica que se usa para cubrir la puerta tienen que protegerse a modo de no dejarlas expuestas. En el diseño de la jaula hay que tomar en cuenta que debe evitarse el acceso a roedores e insectos, al mismo tiempo que pueda fluir libremente el agua utilizada en su limpieza.

Los armadillos gustan de mantenerse escondidos por lo que hay que proveerlos de paja abundante, seca, muy limpia, que se tiene que cambiar cada tercer día. No obstante, en opinión de Storrs es preferible usar tiras de papel debido a que éstas no son ingeridas y por ello se evitan los problemas de constipación, que a menudo se asocian con el uso de la paja.

La limpieza de la jaula se lleva a cabo lo más frecuentemente que sea posible, por lo menos dos veces a la semana. Hay que utilizar detergentes ligeros, un desinfectante y agua en abundancia que elimine todo rastro de los primeros ya que pueden abrasarse fácilmente las patas de los animales.

Toda la granja se tiene que mantener protegida de cambios bruscos de temperatura. En caso de ser posible la temperatura ambiental será de 20 a 25° C, con una humedad relativa del 85%. También hay que evitar el exceso de luz y eliminar la mayor cantidad de ruidos (86, 87, 88).

#### 5. Alimentación

Puesto que la alimentación natural de los armadillos es prácticamente imposible de reproducir artificialmente, hay que buscar subs-

titutos que sean adecuados para los animales cautivos. En nuestra granja hemos encontrado buenos resultados proporcionando diariamente a cada armadillo una mezcla con 80 g de atún, un huevo, 200 ml de leche, una cucharada cafetera de Cerelac (Nestlé) y 200 ml de agua. El atún puede ser substituido por la misma cantidad de comida enlatada para gato. Los restos de comida se retiran diariamente. El agua se les abastece constantemente y en ella pueden incluirse suplementos vitamínicos o medicamentos en caso de ser necesario.

En la experiencia de otros autores, se han empleado además de leche y cereal, carnes enlatadas de las usadas como alimento para gatos o perros, tres veces por semana, agregando complementos vitamínicos y minerales de tipo veterinario. El porcentaje ideal es un contenido neto de proteínas del 35-40% y de un 20 a 30% de grasa. También pueden incluirse frutas, siempre y cuando sean frescas (2, 11, 86).

## 6. Reproducción

Hasta el momento actual prácticamente no ha sido posible lograr que *D. novemcinctus* se reproduzca estando en cautividad. En ocasiones se ha observado que hay cruza, pero los embarazos son interrumpidos por abortos tempranos. El motivo más importante para buscar su reproducción es que cada vez resulta más difícil obtenerlos debido a que son intensamente cazados en forma incontrolada, principalmente con el fin de ser usados como alimento. Además, existen laboratorios en todo el mundo interesados en su mantenimiento y crianza y para ser abastecidos debidamente, primero hay que contar con un número suficiente y deben estar libres de agentes infecciosos que potencialmente puedan dispersarse a zonas geográficas hasta ahora exentas. Recientemente (89) se intentó administrar a las hembras gonadotropina sérica de yegua embarazada, gonadotropina coriónica humana y progesterona para inducirles la ovulación y provocar su apareamiento. Los resultados obtenidos indicaron que si hubo efecto fisiológico pero no se pudo lograr que quedaran embarazadas.

Como ya se mencionó previamente, ha sido posible reproducir a *D. hybridus* en cautividad, lo cual abre amplias posibilidades de contar con armadillos en forma permanente, libre de las contingencias de su captura, además de que es más fácil su manejo debido a que

esta especie es de menor tamaño y es también susceptible a la infección leprosa experimental (11).

La mejor forma de obtener armadillos recién nacidos, es cuando las hembras capturadas están ya embarazadas. El parto no presenta complicaciones y los recién nacidos se adaptan fácilmente a la vida en la granja, aunque en ocasiones es necesario alimentarlos artificialmente cada cuatro horas con leche artificial diluida 1: 2 con agua, adicionada de cereal de arroz y un suplemento de vitaminas y minerales. Al ganar peso, se pueden adicionar paulatinamente otros alimentos como gelatina y carne para gato administradas dos veces al día. Cuando llegan a los 800 a 1 000 g de peso, se les alimenta igual que a los adultos (86).

### *7. Marcado*

Los armadillos son difíciles de identificar usando los métodos que se siguen para otros animales de experimentación. Los colorantes se deslavan fácilmente y las placas metálicas a menudo son arrancadas por ellos mismos y resultan en una puerta de acceso a procesos infecciosos. Lo más recomendable es el uso de pintura de la llamada inoxidable o de rectángulos de tela adhesiva colocados sobre el caparazón en los que se pinta el número o la clave correspondiente. Debido a que estos materiales son lábiles, es de gran importancia repintar o renovarlos con frecuencia para evitar confusiones no deseables.

### *8. Manipulación*

Es de gran importancia manipular debidamente a los armadillos cuando por motivos de revisión rutinaria, para la toma de muestras o para administrarles algún producto, es necesario sacarlos de la jaula y mantenerlos sobre la mesa de trabajo. Aunque estos animales no muerden, hay que tener cuidado de sus uñas con las cuales pueden provocar heridas muy serias. Si el procedimiento a seguir es rápido, basta sujetar al armadillo entre dos personas mientras una tercera realiza el trabajo. Si se va a realizar alguna acción que requiera de mayor tiempo, resulta muy conveniente anestesiarse previamente al animal y para ello se recurre al uso de clorhidrato de ketamina (Ketalar, Parke-Davis) aplicada intramuscularmente a dosis de 25 mg/kg de peso (fotografía 6).

### 9. Sangrado

La técnica de sangrado no es difícil y teniendo cuidado en poco tiempo se puede adquirir la experiencia necesaria. Las rutas de sangrado más convenientes son el corazón (fotografía 7) o la vena safena de las patas posteriores (fotografía 8). Puede emplearse jeringa o bien una aguja del tipo "mariposa" y fácilmente se obtienen hasta 15 ml de sangre a partir de un armadillo adulto sin que sufra ninguna alteración aparente.

### 10. Precauciones

Los armadillos que han sido infectados experimentalmente, en especial cuando se trata de *M. Leprae*, necesariamente tienen que manejarse con muchas precauciones. Los animales inoculados se mantienen en jaulas exclusivas, alejadas del contacto con otros animales y sus desechos son incinerados de inmediato. El personal encargado deberá ser debidamente entrenado y advertido de los peligros que conlleva un manejo descuidado. Es preferible que se utilice ropa especial que sea distinta a la usada diariamente. También hay que eliminar toda posibilidad de contacto con artrópodos, en especial dípteros, que pudieran servir como vectores de la infección experimental.

## IX. Conclusiones

Es indudable que los armadillos han abierto un campo totalmente nuevo en la investigación biomédica y el solo impacto de su empleo como modelo experimental en lepra justifica ampliamente cualquier esfuerzo encaminado a continuar con su estudio.

Seguramente en los años venideros se continuará con la publicación de datos que amplíen los conocimientos actuales acerca de su biología así como de su aplicación en la investigación de otros modelos de enfermedades infecciosas y de los fenómenos fisiológicos particulares de esta especie. Del mismo modo, su distribución amplia, su abundancia y el aprovechamiento que de él hace el hombre obligan necesariamente a que se continúe en la búsqueda de los agentes infecciosos que puedan ser causa de zoonosis, así como evaluar realmente la importancia que esto pueda tener para la salud pública.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Doctora Eleanor E. Storrs su desinteresada cooperación y asesoría técnica en nuestro trabajo experimental. También a José Víctor Cazares y a Antonio Meza sin cuya ayuda no hubiera sido posible realizar el trabajo con los armadillos.

## REFERENCIAS

1. Kirchheimer, W.F. and E.E. Storrs, Attempts to establish the armadillo (*Dasypus novemcinctus*, Linn.) as a model for the study of leprosy. I. Report of lepromatoid leprosy in an experimentally infected armadillo. *Int. J. Leprosy*, 39:693-701, 1971.
2. Storrs, E. E. The nine-banded armadillo: a model for leprosy and other biomedical research. *Int. J. Leprosy*, 39:703-714, 1971.
3. Simpson, G. G. The principles of classification and a classification of mammals. *Bull. American Museum Nat. History*. 85: 1-350, 1945.
4. Ringuelet, R. *Fauna latinoamericana*. Editorial Noguer, Barcelona, pp. 50.62, 1970.
5. Villa, B. Mamíferos silvestres del Valle de México. *An. Inst. Biol. Méx.*, 23: 269-492, 1952.
6. Álvarez del Toro, M. *Los animales silvestres de Chiapas*. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, pp. 188-189, 1952.
7. Cabrera, L. *Diccionarios de aztequismos*, Ediciones Oasis, México, 1974.
8. Leopold, A. S. *Wildlife of Mexico*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, pp. 338-343, 1959.
9. Vaughan, T. A. *Mammalogy*. W. B. Saunders Co., Filadelfia, pp. 130-138, 1972.
10. Enders, A. C., and G. D. Buchanan. The reproductive tract of the ninebanded armadillo. *Tex. Rep. Biol. Med.*, 17:323-340, 1959.
11. Cuba-Caparó, A., R. A. Lombardo, R. Lord, and O. Zampini. Some biological characteristics of the seven-banded armadillo (*Dasypus hybridus*). Its maintenance and reproduction in captivity. *Workshop on the armadillo; an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
12. Anderson, J. M., and K. Benirschke. Fetal circulations in the placenta of *Dasypus novemcinctus*, Linn. and their significance in tissue transplantation. *Transplantation* 1: 306-310, 1963.
13. Enders, A. C. Development and structure of the villous haemochorial placenta of the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*). *J. Anal.*, 94:34-35, 1960.
14. Anderson, J. M., and K. Benirschke. Tissue transplantation in the ninebanded armadillo *Dasypus novemcinctus*. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 99: 399-414, 1962.
15. Storrs, E. E., and R. J. Williams. A study of monozygous quadruplet armadillos in relation to mammalian inheritance. *Proc. Nat. Acad. Sci. (Wash.)*, 60:910-914, 1968.



16. Johansen, K. Temperature regulation in the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus mexicanus*). *Physiol. Zool.*, 34: 126-144, 1961.
17. Burns, T. A., and E. B. Waldrip. Body temperature and electrocardiography data for the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*). *J. Mamm.*, 52:472-473, 1971.
18. Scholander, P. F., L. Irving, and S. W. Grinnell. Respiration in the armadillo with possible implications as to its burrowing. *J. Cell. and Comp. Physiol.*, 21 :53-63, 1943.
19. Lewis, J. H., and A. P. Doyle. Coagulation, protein and cellular studies on armadillo blood. *Comp. Biochem. Physiol.*, 12:61-66, 1964.
20. Ebaugh, F. G. and M. A. Benson. Armadillo hemoglobin characteristics and red cell survival. *J. Cell. and Comp. Physiol.*, 64-: 183-192, 1964.
21. Storrs, E. E. Growing points in leprosy research. 1. The armadillo as an experimental model for the study of human leprosy. *Leprosy, Rev.*, 45: 8-14, 1974.
22. Amezcua, M. E., V. Cazares, y A. Escobar-Gutiérrez. El armadillo *Dasypus novemcinctus* como modelo experimental en la lepra. *Segundo Congreso Nacional de inmunología*, Oaxtepec, Mor., México, octubre 1-5, 1978.
23. Cuba-Caparó, A. The armadillo in biomedical research. *Workshop on the armadillo: an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
24. Purtilo, D. T., G. P. Walsh, E. E. Storrs, and C. Gannon. The immune system of the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*, Linn.). *Anat. Rec.*, 181: 725-733, 1975.
25. Assali, G., and L. J. Di Dio. The lymphatic system of *Dasypus novemcinctus* and *Dasypus sexcinctus*. *J. Morph.*, 117:49-72, 1972.
26. Purtilo, D. T., G. P. Walsh, E. E. Storrs, and I. S. Banks. Impact of cool temperatures on transformation of human and armadillo lymphocytes (*Dasypus novemcinctus*, Linn.) as related to leprosy. *Nature*, 248:450-452, 1974.
27. Ulrich, M., J., Convit, M. Centeno, and M. Rapetti. Immunological characteristics of the armadillo, *Dasypus sabanicola*. *Clin. Exp. Immunol.*, 25: 170-176, 1976.
28. Walsh, G. P. Experimental leprosy in the nine-banded armadillo. *Workshop on the armadillo: an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
29. Quevedo, F., J. Lasta, and B. Martínez. The armadillo as a reservoir host of *Salmonella*. (Preliminary communication), 1977.
30. Bruner, D. W., and A. B. Moran. *Cornell Vet.*, 39:53, 1949. Citado en (28).
31. Cacchione, R. A., E. S. Cascelli, E. S. Martínez, y J. M. Zuberbuhler. Leptospirosis en animales silvestres Aislamiento de una cepa de *Leptospira canicola* de un peludo (*Chaetophractus villosus*). *Rev. Invest. Agrop.*, 3:51-55, 1966.
32. Szyfres, B., C. R. Sulzer, and M. M. Galton. A new leptospiral serotype in the bataviae serogroup from Argentina. *Trop. Geogr. Med.*, 19:344-346, 1967.
33. Garcia-Carrillo, C., D. M. Myers, and B. Szyfres. Bataviae group leptos-

- spirae isolated from armadillos in Argentina. *Trap. Geogr. Med.* 24: 377. 381, 1972.
34. Cuba-Caparó, A., and D. M. Myers. Interstitial nephritis in the sevenbanded armadillo (*Chaetophractus villosus*) and its association with infections caused by several types of leptospirae serotypes. *Workshop on the armadillo: an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
  35. Walsh, G. P., E. E. Storrs, H. P. Burchfield, M. F. Vidrine, C. H. Binford, and E. H. Cottrell. Leprosy like disease occurring naturally in armadillos. *J. Reticuloendothel. Soc.*, 18:347-351, 1975.
  36. Walsh, G. P., E. E. Storrs, W. Meyers, and C. H. Binford. Naturally acquired leprosy-like disease in the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) recent epizootiologic findings. *J. Reticuloendothel. Soc.*, 22: . 363-367, 1977.
  37. Fox, M. D., D. C. Anderson, and A. F. Kaufman. Leprosy -like disease in a wild armadillo in Mississippi. *Leprosy Sci. Memo.*, L-865/1, 1977.
  38. Smith, J. H., S. K. File, B. A. Nagy, D. S. Folse, J. A. Buckner, L.J. Webb, and A. M. Beverding. Leprosy-like disease of wild armadillos in French Acadian Louisiana. *J. Reticuloendothel. Soc.*, 24: 705-719, 1978.
  39. Anderson, M. Leprosy in an armadillo from Texas. *Leprosy Sci. Memo.*, L-967, 1978.
  40. Kirchheimer, W. F. Experimental transmission of leprosy world-wide. *Leprosy in India*, 50:371-374, 1978. .
  41. Meyers, W. M., G. P. Walsh, H. L.. Brown, R. J .W. Rees, and J. Convit. Naturally acquired leprosy-like disease in the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*): reactions in leprosy patients to lepromins prepared from naturally infected armadillos. *J. Reticuloendothel. Soc.*, 22:369-375, 1977.
  42. Kirchheimer, W. F., and R. M. Sánchez. Leprosy in the wild: *Leprosy Sci. Memo.* L-966/1, 1978.
  43. Muñoz-Rivas, G. Notes on the granulomatosis of the armadillo inoculated with *M. leprae*. *Workshop on the armadillo: an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27. 1977.
  44. Innami, S. Study on armadillos in Paraguay. *Workshop on the armadillo: an animal model for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
  45. Kantor, I. N. Isolation of mycobacteria from two species of armadillos: *Dasypus hybridus* (mulita) and *Chaetophractus villosus* (peludo). *Enviado a publicación*, 1978.
  46. Convit, J. Indigenous leprosy in the armadillo *Dasypus novemcinctus*. *J. Reticuloendothel. Soc.*, 24:605-607, 1978.
  47. Storrs, E. E. The nine-banded armadillo. A model for biomedical research. En: *Laboratory animal in drug testing*, editado por A.. Spiegel. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, pp. 31-43, 1973.
  48. Filice, G. A., N. R. Greenberg, and D. W. Fraser. Lack of observed association between armadillo contact and leprosy in humans. *Amer. J. Trop. Med. Hyg.*, 26:137-139, 1977.
  49. Muñoz-Rivas, G. Micobacteriáceas ambientales en armadillos colombianos *Rev. Inv. Salud Pública* (Méx.), 33,61-66., 1973.

50. Gezuele, E. Fatal infection by *Nocardia brasiliensis* in an armadillo. *Sabouraudia*, 10:63-65, 1972.
51. Chagas, C. Sobre um trypanosoma de tatu (*Taturia novemcinctus*), transnittedo pela *Triatoma geniculata*, Lati. Possibilidade de ser o tatu um depositario de *Trypanosoma cruzi* no mondo exterior. *Brasil Medico*, 26: 305-306, 1912.
52. Torres, M. Alguns fatos que interessam a epidemiologia da molestia de Chagas. *Mem. Inst. O. Cruz*, 7: 120-138, 1915.
53. Mazza, S., y C. Romano. Úceras y edema cutáneo del tatu naturalmente infectado por *S. cruzi*. *Novena. Reunión de la Sociedad Argentina de Patología, Región 1*, p. 526, 1936.
54. Torrealba, J. F. El primer caso de enfermedad de Chagas diagnosticado en Zeraza por despistaje debido al edema monocular, conjuntivitis es. quisotripanosómica "Signo de Romana". *Gac. Med. Caracas*, 44:321-323, 1937.
55. Clark, H. C.. and L. H. Dunn. Experimental studies on Chagas disease in Panama. *Amer. J. Trop. Med.*, .12:49-77, 1932.
56. Brumpt, E., L. Mazzotti, et L. C. Brumpt. Enquetes epidemiologiques sur la maladie de Chagas au Mexique. 1. Reduvides vecteurs. Animaux reservoirs de virus, cas humains. *Ann. Parasit. Hum et Camp.* (Paris), 17:229-312, 1939.
57. Packehanian, A. Reservoir hosts of Chagas disease in the State of Texas. *Amer. j. Trop. Med.*, 22: 623-631, 1942.
58. Pinto, C. Um ano de combate as doencas parasitárias que atacam os rodoviaros da estrada. Río-Bahía, 1942 a 1943. *Mem. Inst. Os. Cruz*, 40: 209-340, 1944. .
59. Niño, F. L. Triquinosis experimental en el peludo. *Novena. Reunión de la Sociedad Argentina de Patología, Región 2*; p. 630, 1937.
60. Magalhaes, O., e A: Rocha. Centribucao para o conhecimento do tifo exantematico neotrópico no Brasil. *Mem. Int. Os. Cruz*, 40: 1-8, 1944.
61. Varela, G., y L. Mazzotti. Dos mamíferos *Dasyus novemcinctus* y *Neotoma fuscipes canescens* susceptibles al tifo murino. *Rev. Inst. Sal. Efl. Trop.* (Méx.), 8: 125-127, 1947.
62. Kirchheimer, W. F., E. E. Storrs, and C. H. Binford. Attempts to establish the armadillo (*Dasyus novemcinctus*, Linn.) as a model for the study of leprosy. II. Histopathologic and bacteriologic postmortem findings in lepromatoid leprosy in the armadillo. *Int. J. Leprosy*, 40: 229-242, 1972.
63. Convit, J., y M. E. Pinardi. Inoculación de *M. leprae* en dos especies de armadillo: *D. sabanicola* y *D. novemcinctus*. *Acta Cient. Venez.*, 25:5159, 1974.
64. Storrs, E. E., G. P. Walsh, and H. P. Burchfield. Development of leprosy in another species of armadillo *Dasyus hybridus* (L): genetic and immunologic implications. *J. Trap. Med. and Hyg.*, 78:216-218, 1975.
65. Coyle, J. T. In persuit of zoonoses at Belle Chasse. *Tulane Med.*, 4: 12-14, 1972.
66. Cochrane, R. G., and T. F. Davey, (eds). *Leprosy in theory and practice*, 2nd. ed. John Wright & Sons Ltd, Bristol, 1964.
67. Ridley, D. S. Histological classification and the immunological spectrum of leprosy. *Bull. Wadd Health Organ.*, 51 :451-465, 1974.

68. Shepartd, C. C. The experimental disease that follows the injection of woman leprosy bacilli into the foot-pads of mice. 1. *Exp. Med.* 112: 445-454, 1960 .
69. Rees, R. J. W., M. F. R. Waters, A. G. M. Weddell, and E. Palmer. Experimental lepromatous leprosy. *Nature*, 215 :597-602, 1967.
70. Binford, C. H., S. L. Issar, E. E. Storrs, and G. P. Walsh. Leprosy in the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*). Summary of postmortem observations made on seven animals. *Int. J. Leprosy*, 42: 123, 1974.
71. Binford, C. H., E. E. Storrs, and G. P. Walsh. Disseminated infection in the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) resulting from inoculation with *M. leprae*. *Int. J. Leprosy*, 44:80-83, 1976.
72. Convit, J., and M. E. Pinardi. Leprosy: confirmation in the armadillo. *Science*, 184: 1191-1192, 1974.
73. Kirchheimer, W. F., and R. M. Sánchez. Quantitative aspects of leprosy in armadillos. *Leprosy in India*, 49:48-53, 1977.
74. Storrs, E. E., G. P. Walsh, H. P. Burchfield, and C. H. Binford. Leprosy in the armadillo: new model for biomedical research. *Science*, 183: 851852, 1974.
75. Bullock, W. E. Studies of Immune mechanisms in leprosy. 1. Depression of delayed allergic response to skin test antigens. *New Engl. J. Med.*, 278: 298-304, 1968.
76. Fernández, J. M. M. The early reaction induced by lepromin. *Int. J. Leprosy*, 8: 1-14, 1940.
77. Mitsuda, K. On the value of a skin reaction- to a suspension of leprous nodules. *fap. J. Dermatol. Ural.* 19:697-708, 1919.
78. Dharmendra. The immunological skin tests in leprosy: the isolation of a protein antigen of *Mycobacterium leprae*. *Indian J. Med. Res.*, 30: 1-7, 1942.
79. Meyers, W. M., S. Kvernes, and C. H. Binford. Comparison of reactions to human and armadillo lepromins in leprosy. *Int. J. Leprosy*, 43: 218225, 1975.
80. Millar, J. W., C. Gannon, and C. S. P. Chan. Comparison in leprosy patients of Fernández and Mitsuda reactions using human and armadillo antigens. A double-blind study. *Int. J. Leprosy*, 43: 226-233, 1975.
81. Abe, M., Y. Yoshino, K. Saikawa, and T. Saito. A study of the utility of armadillo-lepromin. *Leprosy Sci. Memo.*, L-876/1, 1977.
82. Storrs, E. E. Armadillos with leprosy: a new source of lepromin. *J. Amer. Med. Technol.*, 38:21-23, 1976.
83. Kirchheimer, W. F. Significance of nine-banded armadillo in biomedical leprosy research. *leprosy in India*, 48:419-427, 1976.
84. Kirchheimer, W. F. Recent advances in experimental leprosy. *South Med. J.* 69:993-996, 1976.
85. Storrs, E. E. Animal model: experimental lepromatous leprosy in ninebanded annadillos (*Dasypus novemcinctus*, Linn.). *Amer. J. Path.*, 92: 813-816, 1978.
86. Storts, E. E., and W. E. Greer. Maintanance and husbandry of armadillo colonies. *Lab. Anim. Sci*, 23:823-829, 1973 ..

87. Lord, R. The capture, care, transportation and distribution of armadillos as animal models for health research. *Workshop on the armadillo: an animal models for research*. Caracas, Venezuela, mayo 23-27, 1977.
88. Burchfield, H. P., E. E. Storrs, G. P. Walsh, and M. F. Vidrine. Improved caging for nine-banded armadillos. *Lab. Anim. Sci.*, 26; 234-236, 1976.
89. D'Addamio, G. H., J. D. Roussel, and E. E. Storrs, Response of the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) to gonadotroping and steroids. *Lab. Anim. Sci*, 27:482-489, 1977.